

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний Університет  
«Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний факультет  
(факультет)

Кафедра Управління на транспорті  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеня магістра  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Лисяк Діани Андріївни  
(ПІБ)

академічної групи 275м - 23 - 1  
(шифр)

спеціальності 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»  
(код і назва спеціальності)

на тему: Обґрунтування транспортного проекту застосування  
перспективного екологічного транспорту (електробусу) в систему  
міських пасажирських перевезень з використанням методу нечіткої  
логіки (для умов автотранспортного підприємства ТОВ ВКФ "Ігрек",  
м. Дніпро, Україна)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	<i>Дерюгін О.В.</i>			
розділів:				
1 Розділ	<i>Дерюгін О.В.</i>			
2 Розділ	<i>Дерюгін О.В.</i>			
3 Розділ	<i>Дерюгін О.В.</i>			
4 Розділ	<i>Романюк Н.М.</i>			

Рецензент	<i>Ащеулова О.М.</i>			
-----------	----------------------	--	--	--

Нормоконтролер	<i>Федоряченко С.О.</i>			
----------------	-------------------------	--	--	--

Дніпро  
2024



## РЕФЕРАТ

**Кваліфікаційна робота:** 123 стор. (основна частина – 78 стор.), 18 рис., 35 табл., 5 додатків, 46 джерел та 19 листів графічного матеріалу, оформленого у вигляді альбому (матеріали для презентації).

**Об'єкт дослідження** – процес визначення базових показників для побудови алгоритму вибору ефективного електробусу.

**Предмет дослідження** – є базові показники вибору ефективного транспортного засобу (далі – ТЗ) на прикладі електробусу у відповідності до умов експлуатації на основі цільових (еталонних) показників.

**Метою кваліфікаційної роботи** є обґрунтування ключових чинників, які мають вплив на запровадження електричного пасажирського транспорту з нульовими викидами і базових показників вибору ефективного ТЗ на прикладі електробусу для покращення якості транспортного обслуговування пасажирських автомобільних перевезень (далі – ПАП) і екології в густонаселених містах.

**Методи дослідження** - достовірність і обґрунтованість дослідження забезпечено використанням наступних методів - логічного узагальнення; системного аналізу; теорії прийняття управлінських рішень, методів нечіткої логіки: методу "fuzzy Decision Making Trial and Evaluation" (далі – метод "fuzzy Dematel), методу "Gray Relational Analysis" (далі - метод GRA).

**Наукове значення роботи** полягає у виявленні взаємозв'язків між факторами, які формують транспортний проект, і чинників, які мають на них суттєвий вплив, на впровадження транспортного проекту втілення в транспортну систему ПАП перспективного екологічного пасажирського транспорту, що дозволяє оцінити можливі економічні витрати на автотранспортних підприємствах.

**Практичне значення** отриманих результатів полягає у визначенні ключових чинників, які можна застосовувати для впровадження транспортного проекту із застосування перспективного екологічного пасажирського транспорту в системі міських ПАП.

ЕКОЛОГІЧНИЙ ТРАНСПОРТ, МЕТОД FUZZY DEMATEL, МЕТОД GRA, УПРАВЛІНСЬКІ РІШЕННЯ, ТРАНСПОРТНИЙ ПРОЕКТ, ЕЛЕКТРОБУС

# ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1. РОЗДІЛ ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ АЛГОРИТМУ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ПРИ ОБҐРУНТУВАННІ КЛЮЧОВИХ ЧИННИКІВ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ В СИСТЕМІ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	
1.1 Теоретичний аналіз актуальність теми дослідження.....	
1.2 Теоретичний аналіз методології дослідження показників, які впливають на прийняття управлінських рішень при обґрунтуванні ключових чинників щодо застосування перспективного екологічного транспорту в системі міських пасажирських перевезень.....	
1.2.1 Теоретичний аналіз використання методу "fuzzy Decision Making Trial and Evaluation" для прийняття управлінських рішень при оновленні/реструктуризації парку рухомого складу автотранспортного підприємства.....	
1.2.2 Теоретичний аналіз використання методу "Gray Relational Analysis" для прийняття управлінських рішень при оновленні/реструктуризації парку рухомого складу автотранспортного підприємства.....	
Висновки по розділу.....	
2. РОЗДІЛ АНАЛІЗ ТРАНСПОРТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА ТОВ ВКФ "ІГРЕК".....	
2.1 Загальна характеристика автотранспортного підприємства.....	
2.2 Результати дослідження обстеження пасажиропотоків на маршруті 136.....	
2.3 Дослідження показників причино-наслідкового впливу на прийняття управлінського рішення з вибору перспективного екологічного транспорту в системі міських пасажирських перевезень методом нечіткої логіки - fuzzy Dematel.....	
2.4 Постановка задачі дослідження в кваліфікаційній роботі.....	

	Висновки по розділу.....
3 РОЗДІЛ	ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИБОРУ ЕФЕКТИВНОГО ЕЛЕКТРОБУСУ МЕТОДОМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ.....
3.1	Переваги пасажирського електротранспорту та можливість його використання в Україні.....
3.2	Аналіз конструкції сучасного електробусу.....
3.3	Обґрунтування вибору ефективного сучасного електробусу для використання в системі міських наземних пасажирських перевезень електротранспорту в м. Дніпро.....
3.4	Дослідження енергоефективності транспортної технології пасажирських автобусних перевезень за існуючою та запропонованою технологіями.....
	Висновки по розділу.....
4 РОЗДІЛ	ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ З ВИБОРУ ЕФЕКТИВНОГО ЕЛЕКТРОБУСУ.....
4.1	Загальна характеристика автотранспортного підприємства ТОВ ВКФ "Ігрек".....
4.2	Маркетинг та збут продукції і послуг.....
4.3	Виробничий план та обсяг продажів.....
4.4	Організаційний план.....
4.5	Розрахунок валового доходу.....
4.6	Розрахунок показників ефективності інвестиційного проєкту.....
4.7	Оцінка можливих ризиків.....
	Висновки по розділу.....
	ВИСНОВКИ.....
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....
	СПИСОК РИСУНКІВ І ТАБЛИЦЬ.....
	ДОДАТКИ
	Додаток А

Результати розрахунку показників причино-наслідкового впливу на прийняття УР з вибору перспективного екологічного транспорту в системі міських пасажирських перевезень методом нечіпкої логіки - методом fuzzy Dematel.....

Додаток Б

Техніко-експлуатаційні характеристики моделей електробусів.....

Додаток В

Стаття за темою дослідження кваліфікаційної роботи.....

Додаток Г

Відзив керівника кваліфікаційної роботи.....

Додаток Д

Рецензія на кваліфікаційну роботу.....

## ВСТУП

В сучасних мегаполісах, ПАП відіграють ключову функцію зв'язку людини з соціумом, задовольняють її потребу переміщення в просторі, дають можливість своєчасно опинитися в необхідному місці в зазначений час. Основні критерії оцінки ефективності ПАП: якість транспортного обслуговування користувачів, екологічність і ергономічність пасажирських автобусів, які використовується безпосередньо в транспортному процесі ПАП, впровадження сучасних транспортних технологій, спрямованих на підвищення безпеки транспортного процесу та ін. Однак аналіз сучасного стану справ у цій транспортній сфері, на прикладі міста Дніпро, відображає низку існуючих проблем, які вимагають негайної уваги та вирішення. Серед яких можна відмітити наступні: застаріла технічна база автотранспортних підприємств, які надають послуги ПАП; використання великої кількості пасажирських автобусів в транспортній інфраструктурі міста, пропускна спроможність якої не пристосована до таких умов. Це призводить до утворення транспортних заторів. Це негативно впливає на якість життя та ефективність транспортних процесів; збільшення використання РС, який працює на органічному паливі сприяє збільшенню забруднення навколишнього середовища і, як наслідок, збільшує екологічне навантаження на місто.

Також необхідно відмітити, що існує серйозний дефіцит якості транспортного обслуговування населення м. Дніпра. Відсутність необхідних зручностей, таких як сплати проїзду за допомогою єдиного електронного квитка, доступ до мережі інтернету та клімат-контролю, робить поїздки пасажирським транспортом менш комфортними та зручними для пасажирів.

З метою подолання цих викликів та покращення якості ПАП, необхідно активно впроваджувати сучасні транспортні технології. Враховуючи те, що майже всі країни ЄС на законодавчому рівні вже прийняли програми заборони використання ТЗ, які працюють на органічному пальному, і затвердили програми розвитку транспортної інфраструктури з пріоритетом використання екологічних ТЗ. Україна в будь-якому випадку стане рівноправним членом Європейського Союзу. Це на нас покладе відповідальність прийняття законодавчих актів, які регламентують відповідний тип і рівень транспортних послуг ПАП. Серед законодавчих норм в транспортній інфраструктурі країн ЄС, що вже

успішно впроваджені, варто зазначити суворі стандарти щодо викидів та екологічної безпеки пасажирських автобусів. Крім того, в країнах ЄС існують програми вибуття застарілої техніки та ТЗ з обігу при досягненні відповідного строку експлуатації.

Отже, розглянуті питання є актуальними та потребують негайного вирішення з метою поліпшення якості ПАП та забезпечення сталого розвитку міської транспортної системи. Відповідно, проведення дослідження факторів впливу щодо обґрунтування запровадження перспективного екологічного пасажирського транспорту є актуальним та важливим завданням.

**Об'єктом дослідження** є процес визначення базових показників для побудови алгоритму вибору ефективного електробусу.

**Предметом дослідження** є базові показники вибору ефективного ТЗ на прикладі електробусу у відповідності до умов експлуатації на основі цільових (еталонних) показників.

**Метою кваліфікаційної роботи** є обґрунтування ключових чинників, які мають вплив на запровадження електричного пасажирського транспорту з нульовими викидами і базових показників вибору ефективного ТЗ на прикладі електробусу для покращення якості транспортного обслуговування ПАП і екології в густонаселених містах.

**Наукове значення роботи** полягає у виявленні взаємозв'язків між факторами, які формують транспортний проект, і чинників, які мають на них суттєвий вплив, на впровадження транспортного проекту втілення в транспортну систему ПАП перспективного екологічного пасажирського транспорту, що дозволяє оцінити можливі економічні витрати на автотранспортних підприємствах.

**Практичне значення отриманих результатів** отриманих результатів полягає у визначенні ключових чинників, які можна застосовувати для впровадження транспортного проекту із застосування перспективного екологічного пасажирського транспорту в системі міських ПАП.



## ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи – є обґрунтування ключових чинників, які мають вплив на запровадження електричного пасажирського транспорту з нульовими викидами і базових показників вибору ефективного ТЗ на прикладі електробусу для покращення якості транспортного обслуговування ПАП і екології в густонаселених містах.

В першому розділі кваліфікаційної роботи проведені дослідження, які спрямовані на дослідження теоретичних аспектів алгоритмів прийняття управлінських рішень при обґрунтуванні ключових чинників щодо застосування перспективного екологічного транспорту в системі міських пасажирських перевезень

Проведено аналіз літературних джерел, в яких розглянуті розв'язання аналогічних завдань. Визначенні їх переваги і недоліки, а також аргументовано вказано про відмінність запропонованого алгоритму дослідження від відомих досліджень.

Проведено теоретичний аналіз методології дослідження показників, які впливають на прийняття управлінських рішень при оновленні/реструктуризації парку РС АП методами нечіткої логіки. Для вирішення запропонованого завдання проведено теоретичне дослідження використання методів нечіткої логіки - методу fuzzy Dematel і методу GRA.

Виходячи з аналізу предметної області, можна визначена мета дослідження в кваліфікаційній роботі, яка полягає у обґрунтування ключових чинників, які мають вплив на запровадження електричного пасажирського транспорту з нульовими викидами і базових показників вибору ефективного ТЗ на прикладі електробусу для покращення якості транспортного обслуговування пасажирських автомобільних перевезень (далі – ПАП) і екології в густонаселених містах.

Поставлена мета потребує вирішення наступних задач:

- перша - ранжування самих показників і визначення базових які впливають на обґрунтування аспектів алгоритмів прийняття управлінських рішень при обґрунтуванні ключових чинників щодо застосування перспективного екологічного транспорту в системі міських пасажирських перевезень методом fuzzy Dematel;

- вибір ефективного електробусу на основі базових показників за допомогою методу GRA.

В другому розділі кваліфікаційної роботи проведено аналіз транспортної діяльності і надана загальна характеристика АП. З проведеного аналізу можна зробити висновок, що АП має основний напрямок транспортної діяльності – надання транспортних послуг ПАП і займає конкурентні позиції на відповідному ринку перевізників в м. Дніпро. Основним напрямком транспортної роботи АП є організація і здійснення ПАП на відповідних транспортних маршрутах. Дані аналізу свідчать, що АП на зазначеному періоді часу має позитивні показники динаміки розвитку ПАП відповідного сегменту, тобто зарекомендувало себе, як надійного перевізника на ринку ПАП. Також проведений аналіз пасажиропотоку на маршруті №136. Данні проведеного розрахунку необхідні для визначення пасажиромісткості ПА які в майбутньому будуть використані для вибору електробусу з відповідного модельного ряду.

Проведено розрахунок показників причино-наслідкового впливу на прийняття УР з вибору перспективного екологічного транспорту в системі міських ПАП методом нечіткої логіки – методом fuzzy Dematel. За результатами проведеного розрахунку визначено, що найбільший вплив мають наступні фактори, які впливають на прийняття УР з вибору перспективного екологічного транспорту в системі міських ПАП: відсутність екологічних впливу на навколишнє середовище ( $A_5$ ), рівень розвитку сучасних технологій та наявність центрів їх підтримки ( $A_{11}$ ), дія відповідних законодавчих ініціатив щодо пільго для електротранспорту ( $A_{15}$ ), адаптація транспортної інфраструктури міста для експлуатації електротранспорту з нульовими викидами ( $A_{18}$ ), відповідність електричного транспорту параметрам пасажирського і маршруту ( $A_{20}$ ), лояльні фінансові програми для оновлення/реструктуризації парку РС АП ( $A_{25}$ ), експлуатаційні властивості електробусу ( $A_{27}$ ), законодавство, яке захищає фінансову стабільність АП ( $A_{39}$ ).

В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконані дослідження на підставі яких можна зробити наступні висновки:

- Проведено визначення переваг використання електробусів для умов України.
- Проведено дослідження конструкції сучасного електробусу, з метою визначення конструктивних переваг в порівнянні з РС який експлуатується в наступний час.

Проведено вибір ефективного електробусу для використання в системі ПАП м. Дніпро за допомогою методу GRA за наступними показниками:

1 група. Експлуатаційні - max швидкість, min час заряджання, загальна потужність двигунів, колісна база візку, max дальність ходу.

2 група. Ергономічні: кількість місць для сидіння, max пасажиромісткість, ширина проходу між сидіннями, ширина пройому дверей, висота пройому дверей.

3 група. Показники, які характеризують пристосованість експлуатації в Україні: гарантійний строк експлуатації, витрати на заряд АКБ на 100 км, вартість автобусу, радіус розвороту, кількість дверей.

За результатами проведених розрахунків, можна зробити висновок, що позицію лідера займає електробус моделі Solaris Urbino 18 electric (значення розрахованої величини індексу - 0,96). На другому місці електробус моделі Volvo 7900 Electric (значення розрахованої величини індексу - 0,88). Третє місце займає електробус моделі Iveco Bus Crealis In-Motion (значення розрахованої величини індексу - 0,87). Четверте місце займає електробус моделі Ankaı A9 (значення розрахованої величини індексу - 0,85). П'яте місце займає електробус моделі BYD K9 (значення розрахованої величини індексу - 0,81). Шосте місце займає електробус моделі Yutong E10 (значення розрахованої величини індексу - 0,71).

Було проведено дослідження енергоефективності транспортної технології ПАП за існуючою та запропонованою технологіями. З отриманих результатів дослідження можна зробити висновок, що система ПАП з використанням електробусу має значні переваги в енергоефективності, що робить її привабливим варіантом для впровадження в систему ПАП в умовах сучасних міст, особливо з огляду на зростаючі вимоги до екологічності та енергоефективності. Її застосування може суттєво зменшити викиди CO<sub>2</sub> в міських агломераціях, підвищити комфорт пасажирів, якість транспортного обслуговування і знизити витрати на транспортні послуги.

Впровадження нових, сучасних технологій ПАП може сприяти не лише покращенню екологічної ситуації, але й модернізації інфраструктури міського пасажирського транспорту, забезпечуючи більш надійний, ефективний і зручний сервіс для громадськості.

Розроблено бізнес-план інвестиційного проєкту «Оновлення технічної бази ТОВ ВКФ "Ігрек" ефективними автономними транспортними засобами (електробусами) м. Дніпро». Проведено розрахунки грошових потоків, показників ефективності та оцінку можливих ризиків.

Основною метою розробки бізнес-плану є планування виробничо-фінансової діяльності АП на середньострокову перспективу з урахуванням потреб ринку, можливостей залучення необхідних ресурсів та їх ефективного використання.

Дослідження показало, що оновлення технічної бази АП за рахунок впровадження електробусів є перспективним проектом, який вимагає інвестицій. Позитивна чиста наведена вартість (*NPV*) свідчить про доцільність реалізації проекту. Зниження ризиків можливе через грамотне управління, правильно обрану стратегію та орієнтацію на клієнтів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Zavadskas, E.K., Turskis, Z., & Kildienė, S. (2014). State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods. *Technological and Economic Development of Economy*, 20, 165–179. <http://dx.doi.org/10.3846/20294913.2014.892037>.
2. Tsopa, V., Cheberyachko, S., Litvinova, Y., Vesela, M., Deryugin, O., & Bas, I. (2023). The Dangerous Factors Identification Features of Occupational Hazards in the Transportation Cargo Process. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 25(3), F64-77. <http://dx.doi.org/10.26552/com.C.2023.058>.
3. Kumar, A., Sah, B., Singh, A.R., Deng, Y., He, X., Kumar, P., & Bansal, R. (2017). A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 596-609. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.191>.
4. Stojčić, M., Zavadskas, E.K., Pamučar, D., Stević, Ž., & Mardani, A. (2019). Application of MCDM Methods in Sustainability Engineering: A Literature Review 2008-2018. *Symmetry*, 11, 350. <https://doi.org/10.3390/sym11030350>.
5. Vavrek, R., & Bečica, J. (2020). Capital City as a Factor of Multi-Criteria Decision Analysis-Application on Transport Companies in the Czech Republic. *Mathematics*, 8, 1765. <https://doi.org/10.3390/math8101765>.
6. Blagojević, A., Stević, Ž., Marinković, D., Kasalica, S., & Rajilić, S. (2020). A Novel Entropy-Fuzzy PIPRECIA-DEA Model for Safety Evaluation of Railway Traffic. *Symmetry*, 12, 1479. <https://doi.org/10.3390/sym12091479>.
7. Damidavičius, J., Burinskienė, M., & Antuchevičienė, J. (2020). Assessing Sustainable Mobility Measures Applying Multicriteria Decision Making Methods. *Sustainability*, 12, 6067. <https://doi.org/10.3390/su12156067>.
8. Zehmed, K., & Jawab, F. (2020). A Combined Approach Based on Fuzzy SERVPERF and DEA for Measuring and Benchmarking the Quality of Urban Bus Transport Service at the Route Level. *Industrial Engineering & Management Systems*, 19, 442-459. <https://www.doi.org/10.7232/IEMS.2020.19.2.442>.

9. Kumar, A., & Anbanandam, R. (2020). An MCDM framework for assessment of social sustainability indicators of the freight transport industry under uncertainty. A multi-company perspective. *Journal of Enterprise Information Management*, 33, 1023-1058. <https://doi.org/10.1108/jeim-09-2019-0272>.
10. Kumar, A., & Anbanandam, R. (2020). Environmentally responsible freight transport service providers' assessment under data-driven information uncertainty. *Journal of Enterprise Information Management*, 34, 506-542. <http://dx.doi.org/10.1108/JEIM-12-2019-0403>.
11. Pamucar, D., Deveci, M., Canitez, F., & Bozanic, D. (2020). A fuzzy Full Consistency Method-Dombi-Bonferroni model for prioritizing transportation demand management measures. *Applied Soft Computing*, 87, 105952. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105952>.
12. Kumar, A., Singh, G., & Vaidya, O.S. (2020). A Comparative Evaluation of Public Road Transportation Systems in India Using Multicriteria Decision-Making Techniques. *Journal of Advanced Transportation*, 1-16. <https://doi.org/10.1155/2020/8827186>.
13. Blagojević, A., Kasalica, S., Stević, Ž., Tričković, G., & Pavelkić, V. (2021). Evaluation of Safety Degree at Railway Crossings in Order to Achieve Sustainable Traffic Management: A Novel Integrated Fuzzy MCDM Model. *Sustainability*, 13, 832. <https://doi.org/10.3390/su13020832>.
14. Hamurcu, M., & Eren, T. (2020). Strategic Planning Based on Sustainability for Urban Transportation: An Application to Decision-Making. *Sustainability*, 12, 3589. <https://doi.org/10.3390/su12093589>.
15. Kim, G.-S., Lee, S.-W., Seo, Y.-J., & Kim, A.-R. (2020). Multimodal transportation via TSR for effective Northern logistics: Perspectives of Korean logistics companies. *Maritime Business Review*, 5, 295–312. <http://dx.doi.org/10.1108/MABR-07-2019-0029>.
16. Ortega, J., Tóth, J., Moslem, S., Péter, T., & Duleba, S. (2020). An Integrated Approach of Analytic Hierarchy Process and Triangular Fuzzy Sets for Analyzing the Park-and-Ride Facility Location Problem. *Symmetry*, 12, 1225. <https://doi.org/10.3390/sym12081225>.
17. Tadić, S., Krstić, M., Roso, V., & Brnjac, N. (2020). Dry Port Terminal Location Selection by Applying the Hybrid Grey MCDM Model. *Sustainability*, 12, 6983. <https://doi.org/10.3390/su12176983>.
18. Shishegaran, A., Shishegaran, A., Mazzulla, G., & Forciniti, C. (2020). A Novel Approach for a Sustainability Evaluation of Developing System Interchange: The Case Study of

the Sheikhfazolah-Yadegar Interchange, Tehran, Iran. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 435. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020435>.

19. Bazaluk, O., Koriashkina, L., Cheberyachko, S., Deryugin, O., Odnovol, M., Lozynskyi, V., & Nesterova, O. (2022). Methodology for assessing the risk of incidents during passenger road transportation using the functional resonance analysis method. *Heliyon*, 8(75), e11814. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11814>.

20. Cheberiyachko, S., Yavorska, O., Deryugin, O., Lantukh, D., Bas, I., Kruzhilko, O., Melnyk, V. (2023). Improving safety of passenger road transportation. *Transactions on transport sciences*, 14(2), 11-20. <https://doi.org/10.5507/tots.2023.003>.

21. Tsopa, V.A., Cheberyachko, S.I., Yavorska, O.O., Deryugin, O.V., & Bil'ko, T.O. (2023). Improvement of the professional risk management process according to Haddon's matrix. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2, 105-112. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-2/105>.

22. Bazaluk, O., Pavlychenko, A., Yavorska, O., Nesterova, O., Cheberiyachko, S., Deryugin, O. & Lozynskyi, V. (2024). Improving the risk management process in quality management systems of higher education. *Scientific Reports*, 14, 3977. DOI: 10.1038/s41598-024-53455-9.

23. Zhou, H., Xue, Y., Jiang, Z., Cai, F., & Li, W. (2022). An Assessment Model for Air Passenger Risk Classification. *Applied Sciences*, 12(19), 9580. <https://doi.org/10.3390/app12199580>.

24. Zhao, Y., Li, J., & Ying, X. (2022). Study on Risk of Long-Steep Downgrade Sections of Expressways Based on a Fuzzy Hierarchy Comprehensive Evaluation. *Applied Sciences*, 12(12), 5924. <https://doi.org/10.3390/app12125924>.

25. Яновська, В.П., Кириченко, Г.В. (2020). Особливості формування стратегії розвитку національних автотранспортних перевізників. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку*, 2(2), 92-108. <https://doi.org/10.23939/smeu2020.02.092>.

26. Salim, H.K., Padfield, R., Hansen, S.B., Mohamad, S.E., Yuzir, A., Syayuti, K., Tham, Mun H., Papargyropoulou, E. (2018). Global trends in environmental management system and ISO14001 research. *Journal of Cleaner Production*, 170(1), 645-653. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.017>.

27. Galieriková, A., & Sosedová, J. (2016). Environmental Aspects of Transport in the Context of Development of Inland Navigation, *Ekológia (Bratislava)*, 35(3), 279-288. <https://doi.org/10.1515/eko-2016-0022>.
28. Liu, J., Wan, L., Wang, W., Yang, G., Ma, Q., Zhou, H., Zhao, H., & Lu, F. (2023). Integrated Fuzzy DEMATEL-ISM-NK for Metro Operation Safety Risk Factor Analysis and Multi-Factor Risk Coupling Study. *Sustainability*, 15(7), 5898. <https://doi.org/10.3390/su15075898>.
29. Koulinas, G.K., Demesouka, O.E., Marhavilas, P.K., Vavatsikos, A.P., & Koulouriotis, D.E. (2019). Risk Assessment Using Fuzzy TOPSIS and PRAT for Sustainable Engineering Projects. *Sustainability*, 11(3), 615. <https://doi.org/10.3390/su11030615>.
30. Shahdah, U.E., Na, S., & Hu, J.W. (2022). Assessing the Impact of Increasing Tractor-Trailer Speed Limit on the Safety and Mobility of Three-Lane Highways in Egypt. *Applied Sciences*, 12(24), 12702. <https://doi.org/10.3390/app122412702>.
31. Caliendo, C., Genovese, G., & Russo, I. (2022). A Simultaneous Analysis of the User Safety and Resilience of a Twin-Tube Road Tunnel. *Applied Sciences*, 12(7), 3357. <https://doi.org/10.3390/app12073357>.
32. Kose, E., Vural, D., & Canbulut, G. (2020). The most livable city selection in Turkey with the grey relational analysis, *Grey Systems: Theory and Application*, 10(4), 529-544. <https://doi.org/10.1108/GS-04-2020-0042>.
33. Škrinjarić, T. (2020). Dynamic Portfolio Optimization based on Grey Relational Analysis Approach. *Expert Systems With Applications*, 147, 113207. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113207>.
34. Grdinić-Rakonjac, M., Antić, B., Pešić, D., & Pajković, V. (2021). Construction of Road Safety Composite Indicator Using Grey Relational Analysis. *Promet – Traffic & Transportation Archives*, 33(1), 103-116. <https://doi.org/10.7307/ptt.v33i1.3587>.
35. Canbulut, G., Köse, E., & Arik, O.A. (2022). Public transportation vehicle selection by the grey relational analysis method. *Public Transport*, 14, 367-384. <https://doi.org/10.1007/s12469-021-00271-3>.
36. Huang, A.-C., Huang, C.-F., & Shu, C.-M. (2023). A Case Study for an Assessment of Fire Station Selection in the Central Urban Area. *Safety*, 9(4), 84. <https://doi.org/10.3390/safety9040084>.



37. Wiśnios, M., Tatko, S., Mazur, M., Paś, J., Łukasiak, J.M., & Klimczak, T. (2024). Identifying Characteristic Fire Properties with Stationary and Non-Stationary Fire Alarm Systems. *Sensors*, 24(9), 2772. <https://doi.org/10.3390/s24092772>.
38. Liu, D., Xu, Z., Yan, L., & Fan, C. (2020). Dynamic estimation system for fire station service areas based on travel time data. *Fire Safety Journal*, 118, 103238. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103238>.
39. Ренкас, А.А. (2023). Метод підвищення експлуатаційної надійності пожежних автоцистерн на основі аналізу їх несправностей. *Пожежна безпека*, 43, 137-143. <https://doi.org/0000-0002-5518-3508>.
40. Дерюгін, О.В., Чеберячко, С.І. (2015). Обґрунтування вибору вантажного автомобіля за критерієм мінімізації психофізіологічного навантаження на водія. *Східно-Європейський журнал передових технологій*, 3(3(75)), 15-22. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.42127>.
41. Nyimbili, P.H., & Erden, T. (2020). GIS-based fuzzy multi-criteria approach for optimal site selection of fire stations in Istanbul, Turkey. *Socio-Economic Planning Sciences*, 71, 100860. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100860>.
42. Sivrikaya, F., & Küçük, Ö. (2022). Modeling forest fire risk based on GIS-based analytical hierarchy process and statistical analysis in Mediterranean region. *Ecological Informatics*, 68, 101537. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101537>.
43. Rodrigues, D., Godina, R., & da Cruz, P.E. (2021). Key Performance Indicators Selection through an Analytic Network Process Model for Tooling and Die Industry. *Sustainability*, 13, 13777. <https://doi.org/10.3390/su132413777>.
44. Tsopa, V., Nehrii, T., Cheberiyachko, S., Litvinova, Ya., Deryugin, O., & Horoshko, N. (2024). Improving the risk assessment process of road accidents involving trucks. *Transactions on transport sciences*, 3, on-line. <https://doi.org/10.5507/tots.2024.011>.
45. Сахно В.П., Поляков В.М., Головань В.Г., Сакно О.П. та інші. Автомобілі. Теорія. Навчальний посібник. Військова академія. 2017. 453 с.
46. Tsopa, V., Cheberyachko, S., Litvinova, Y., Vesela, M., Deryugin, O., & Bas, I. (2023). The dangerous factors identification features of occupational hazards in the transportation cargo process. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 25(3), F64-F77 <https://doi.org/10.26552/com.C.2023.058>.